

THESIS

MUNICH

1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Vor- und Nachteile der dynamischen Osteosynthese nach Rush

Behandlungsergebnisse aus der chirurgischen
Universitätsklinik München der Jahre 1958-1963

MAX BERNHARD



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153513_0001

AUS DER CHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof.Dr.med.R. Zenker

VOR- UND NACHTEILE DER DYNAMISCHEN OSTEOSYNTHESE NACH RUSH

(Behandlungsergebnisse aus der chirurgischen
Universitätsklinik München der Jahre 1958-1963)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Max Bernhard

aus

Rottenburg/Neckar

München

1966

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. S. Karnbaum

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. R. Zenker

Dekan: Prof. Dr. med. R. Zenker

Tag der mündlichen Prüfung: 25.1.66

I N H A L T

Seite

Einleitung	1
Allgemeiner Teil	
Stabile Osteosynthese nach Küntscher-	
Dynamische Osteosynthese nach Rush	1
Vorteile - Nachteile der dynamischen	
Osteosynthese	4
Metallose-Korrosion	9
Spezieller Teil	11
Allgemeine Übersicht	12
Traumatische Frakturen	14
Aufschlüsselung des Patientenguts	14
Lokalisation und Bild der Frakturen	16
Zeitpunkt der Operation	19
Operation	21
Dauer der stationären Behandlung	26
Postoperative Ruhigstellung	27
Postoperatives anatomisches Ergebnis	29
Callusentwicklung - postoperative	
Komplikationen	35
Pinentfernung	38
Funktionelles Ergebnis	38
Osteotomien	40
Pseudarthrosen	41
Gelenkarthrodese	43
Pathologische Frakturen	44
Zusammenfassung	45
Literatur	47

EINLEITUNG

An dem Problem der intramedullären Frakturfixation - der Frakturschienung mit Hilfe einer in Längsrichtung in die Markhöhle eingeführten Stahllallenthese - haben seit Ende der Dreißigerjahre G. Küntscher in Deutschland und die Gebrüder Rush in Amerika gearbeitet. Das Ziel der intramedullären Frakturfixation ist eine wirkungsvollere Schienung der Fragmente als bei konservativer Behandlung, bei der der Effekt der Schienung durch den Muskelmantel abgeschwächt wird. Bei intramedullärer Schienung kann deshalb die Immobilisation der benachbarten Gelenke ganz vermieden werden oder doch früher abgebrochen werden als bei konservativer Behandlung.

STABILE OSTEOSYNTHESE NACH KÜNTSCHER - DYNAMISCHE OSTEOSYNTHESE NACH RUSH

Die Nagelung nach Küntscher und die Pinnung nach Rush unterscheiden sich im Prinzip, Indikation und Nachbehandlung. Die Nagelung als Vertreter der stabilen Osteosynthese löst das Problem der Schienung von der Form und der Masse her (Prinzip des Nagelns im eigentlichen Sinne des Worts). Der kleeblattförmige Küntschernagel wird so in der Markhöhle verklemmt, daß der Durchmesser des Nagels mit dem Lumen der Markhöhle auf einer möglichst weiten Strecke diesseits und jenseits der Fraktur übereinstimmt. Zwei starre Systeme, der Knochen und der Nagel, werden unverrückbar verklemmt. Die Osteosynthese ist stabil und es sind optimale Bedingungen für die Heilung gegeben. Dieses Ideal der Küntschernagelung ist aber oft mit Schwierigkeiten behaftet. Bei einer Frakturlokalisation in

Epiphysennähe, wo die Markhöhle eine trompetenförmige Erweiterung zeigt, muß zur Erzielung einer stabilen Verklemmung die gesamte Markhöhle vorgebohrt werden, damit Nageldurchmesser und Markvolumen im Frakturbereich übereinstimmen. In diesem Bereich ist die Küntschernagelung deshalb unbefriedigend. Eine ideale Nagelung läßt sich jedoch bei Frakturen im mittleren Bereich langer Röhrenknochen verwirklichen, z.B. bei Oberschenkelschaftfrakturen, die eine uneingeschränkte Domäne des Küntschernagels sind.

Während die Nagelung nach Küntscher ein STATISCHES PROBLEM darstellt, handelt es sich bei der Pinnung nach Rush um ein DYNAMISCHES PROBLEM (Dynamische Osteosynthese). Das Problem wurde von metallurgischer Seite angegangen, und beruht auf ELASTIZITÄT und begrenzter BIEGSAMKEIT des Stahls, Eigenschaften, die von Küntscher für seine Methode als nachteilig bezeichnet wurden. Die Osteosynthese wird durch die elastische bzw. dynamische Verspannung des Pins in der Markhöhle erreicht. Bei richtiger Technik besitzt der Pin elastische Energie, die in einer erzwungenen, elastischen Biegung erkennbar ist und sich in einem Druck an verschiedenen Stellen der inneren Cortikalisfläche (DREIPUNKTEDRUCK nach Rush), die auf beide Fragmente verteilt sein müssen, auswirkt. Ein Druckpunkt ist dabei konstant und durch die Einschlagöffnung des Pins gegeben. Der Abstützpunkt an der gegenüberliegenden Cortikalisfläche ist variabel; der Druck sollte sich hier auf beiden Seiten des Frakturspaltes auswirken können, mit punktum maximum im Bereich des Frakturspaltes.

Der Grad der Stabilität der Osteosynthese ist abhängig von

der Größe der elastischen Kraft des Pins, deren optimale Dosierung die Aufgabe des Operateurs ist. Er hat dazu folgende Möglichkeiten:

1. Wahl des Pins hinsichtlich richtiger Länge und richtigen Durchmessers.
2. Schränkung des Pins (stabile Biegung des Pins vor der Operation, entsprechend der Form des Knochens). Möglich sind gleichmäßige Schränkung des gesamten Pins und isolierte Schränkung der Pinspitze oder des Pinendes.
3. Wahl des Einschlagortes. Im allgemeinen wird vom kürzeren Fragment aus gepinnt. Dadurch kann sich der Pindruck in beiden Fragmenten auswirken. Trotzdem ist der Abstand der Druckpunkte gering; entsprechend ist die elastische Biegung bzw. die elastische Kraft des Pins größer und folglich die Osteosynthese stabiler. (Einschränkung Seite 34)
4. Wahl des Einschlagwinkels. Der Pin wird unter einem Winkel von 30 Grad zum Knochen im Bereich der Epiphyse mit ihrer dünneren Cortikalis, die leichter durchdrungen werden kann, eingetrieben. Ein flacherer Winkel verringert die elastische Kraft des Pins; ein steilerer erhöht sie, entsprechend der geringeren und stärkeren elastischen Abbiegung. Bei sehr steilem Einschlagwinkel besteht die Gefahr eines Durchbruchs des Pins durch die gegenüberliegende Cortikalis mit Weichteilverletzung. Bei flachem Winkel ist Aufsplitterung der Cortikalis möglich, die eine ungenügende Fixierung des Pinendes zur Folge haben kann.

Die Dynamik des Pins und die Art seiner Anwendung machen seine Materialeigenschaften und Gestalt notwendig. Der Pin muß

starr genug sein für den Einschlagakt, biegsam genug zur Schränkung. Die Entwicklung einer elastischen Kraft setzt einen hohen Elastizitätsmodul voraus. Die schlittenförmige Spitze ermöglicht ein Gleiten entlang der Cortikalis, ohne sie zu durchbohren. Das umgebogene Ende dient der Orientierung über die Lage der Pinspitze, zur Führung und der stabilen Fixation in der Cortikalis.

VORTEILE - NACHTEILE DER DYNAMISCHEN OSTEOSYNTHESE

Als Vorteile der Pinnung gegenüber anderen operativen Frakturbehandlungsmethoden sind folgende Tatsachen offensichtlich:

1. Röhrenknochen aller Größen können gepinnt werden. Einheitliche Versorgung multipler Frakturen mit Rush-pins vermeidet die Einbringung von Allenthesen verschiedenartiger Materialbeschaffenheit in den Körper, denn man beobachtet, daß verschieden beschaffene Allenthesen, auch wenn sie nicht in Kontakt miteinander stehen, Gewebsschädigungen im Sinne einer Metallose begünstigen.
2. Der Rush-pin ist im gesamten Bereich eines Schaftknochens, speziell bei gelenknahen Frakturen anwendbar. Spreiznägeln und Nägeln mit schiefer Ebene (Maatz), nach dem Prinzip von Küntscher für gelenknahe Frakturen entwickelt, sind über-technisiert und wurden nie chirurgisches Allgemeingut. Konservative Behandlung gelenknaher Frakturen ist auch unbefriedigend, da das kurze Fragment sich schlecht repozitionieren und fixieren läßt. Diese Lücke der Frakturbehandlung konnte durch den Rush-pin geschlossen werden, speziell durch die Doppelpinmethode.

3. Die Pinnung ist keinem starren Schema unterworfen. So kann in allen Fällen durch Variation der Methode eine optimale Osteosynthese erreicht werden. Mit Ausnahme des Radius (Pinnung nur von distal) kann jeder Knochen von beiden Epiphysen aus versorgt werden.
4. Die Operationstechnik ist einfach und das Operationstrauma ist gering. Unverrückbares Verklemmen in der Markhöhle und Sprengung der Cortikalis sind beim Rush-pin ohne große Bedeutung, da der Pin stets dünner als die Markhöhle und biegsam ist. Oft, speziell am Oberarm und Unterschenkel, ist die GESCHLOSSENE PINNUNG unter Bildwandlerkontrolle und HALBOFFENE PINNUNG (Frakturfreilegung nur so weit, daß sie durch einen oder zwei Finger erreicht und adaptiert werden kann) möglich. Mit Ausnahme der Clavikula ist eine Vorbohrung der Markhöhle nicht notwendig. Es wird nur die dünne Cortikalis im Epiphysenbereich mit dem Pfriem oder dem von Rush entwickelten Bohrer eröffnet. Dann gleitet der Pin infolge seines kleinen, drehrunden Querschnitts in die Markhöhle hinein. Einfache Technik und geringes Operationstrauma sind Voraussetzung, daß eine Methode der Osteosynthese chirurgisches Allgemeingut werden kann.
5. Bei richtiger Pinnung können die Fragmente teleskopartig über dem Pin gleiten. Dadurch kann die jeder Frakturheilung vorausgehende Knochenresorption an den Frakturrändern und die daraus resultierende Diastase durch den Muskelzug ausgeglichen werden. Es wird immer der heilungsfördernde Druck auf den Frakturspalt ausgeübt. (Die praktische Bedeutung dieser Erscheinung läßt sich im Einzelfalle aber

nicht nachweisen)

Die Nachteile des Rush-pins sind im wesentlichen durch sein problematisches Grundprinzip bedingt. Bei der **EINPINMETHODE** nach Rush handelt es sich um einen schwer überschaubaren, von vielen unbestimmbaren Faktoren abhängigen Fixierungsprozeß, der deshalb oft ungenügend ist. Sind aber röntgenologisch faßbare oder auch nur Mikrobewegungen im Bereich des Frakturspaltes möglich, ist der Erfolg der Osteosynthese in Frage gestellt. Durch Mikrofrakturen im Callusgewebe verzögert sich die Heilung und es besteht die Gefahr der Pseudarthrosenbildung.

Bei fehlendem Dreipunktedruck besteht nur eine Auffädung der Fragmente durch den dünnen spannungsfreien Pin. Dies entspricht der Küntschernagelung mit einem zu dünnen Nagel. Die Osteosynthese ist nicht stabil und kann die Fragmentverschiebung nicht verhindern. Diese Frakturauffädung kann auf drei Wegen entstehen:

1. Der Pin wird infolge mangelhafter Technik primär spannungsfrei in die Markhöhle eingeführt (falsche Schränkung). Diese Fälle sind im Röntgenbild erst nach eingetretener Verschiebung und Achsenknickung erkennbar.
2. Ein primär richtig eingeführter Pin verliert nach einer pinebedingten Achsenknickung oder Verschiebung (Seite 29) seine Spannung und liegt nun sekundär spannungsfrei in der Markhöhle. Die ungenügende Pinnung ist im Röntgenbild offensichtlich.
3. Der Dreipunktedruck erschöpft sich in dem Fragment, von

dem aus der Pin eingetrieben worden ist (z.B. Pinnung vom längeren Fragment aus). In diesem Falle wird das zweite Fragment von der Pinspitze nur aufgefädelt.

Bei Knochen mit enger Markhöhle, Ulna, Clavikula, Fibula, ist die Auffädung ohne schädliche Folgen. Der Pin füllt die Markhöhle völlig aus; die Osteosynthese erfolgt nach dem Prinzip der Küntschernagelung. Vor Torsionsbewegungen kann der Pin auch in diesen Fällen infolge seines drehrunden Querschnitts nicht schützen. Reine Fragmentauffädung bei Knochen mit weiter Markhöhle wirkt sich dagegen oft verhängnisvoll aus.

Die dynamische Osteosynthese neigt dazu, charakteristische pinbedingte Fragmentverschiebungen und Achsenknickungen zu verursachen. Einerseits kompensiert der Pin nicht immer die bei jeder Fraktur auftretenden deformierenden Kräfte, wie Schwere der distalen Extremität, aktiver und reflektorischer Muskelzug (Auffädungsmechanismus). Andererseits sind oft die eigenen dynamischen Kräfte des Pins in Form des Dreipunktedrucks so stark, daß sie die spezifischen Kräfte der Extremität nicht nur kompensieren, wie Rush es bei der idealen Pinnung voraussetzt, sondern selbst Verschiebungen und Achsenknickungen auslösen. Bei idealer Pinnung sollten die Fragmente in exakter Stellung im Gleichgewicht der spezifischen Kräfte der Extremität und der dynamischen Kräfte des Pins stehen. Die vielen unbekannten Größen, die in diesem Gleichgewicht stecken, schränken seine Bedeutung in der Praxis ein.

Anders ist die DOPPELPINMETHODE zu beurteilen. Durch die symmetrische Einführung zwei gleicher Pins, z.B. im Bereich

der beiden Humerusepikondylen, heben sich die kippenden und deformierenden Kräfte der Pins auf, so daß eine sehr stabile Osteosynthese mit guter postoperativer Frakturstellung resultiert, die hinsichtlich ihrer Stabilität der Küntschnernagelung nicht nachsteht. Diese Methode sollte, wenn technisch durchführbar, der Einpinmethode vorgezogen werden. Denn wo man sich mit einem Pin begnügen muß, ist die Osteosynthese nur als bedingt stabil zu betrachten und bei Frakturen mit einem kurzen Fragment ist eine exakte anatomische Stellung nicht zu garantieren. Als zusätzliche Sicherung der Fraktur ist deshalb eine längere postoperative Ruhigstellung notwendig. Belastung der Extremität ist erst nach knöcherner Konsolidierung erlaubt; auch mit frühzeitiger Bewegung sei man im Gegensatz zur Küntschnernagelung zurückhaltend. Die dynamische Osteosynthese dient weniger einer frühzeitigen Funktionsaufnahme und einer verkürzten Invaliditätszeit, als dem Ziele einer guten postoperativen Frakturstellung, die Vorbedingung für ein gutes funktionelles Ergebnis ist. Nachteilig wirken sich weiterhin bei der dynamischen Osteosynthese die Lageänderungen des Pins infolge seiner Dynamik aus. Zwei typische Lageänderungen werden beobachtet:

1. Bei zu starker Spannung des Pinendes infolge mangelnder Schränkung kann das Pinende nach Druckatrophie der Cortikalis in die Spongiosa einwandern. Dadurch wird die übermäßige Spannung verringert. Das Entfernen des Pins bereitet in diesen Fällen trotz Aufmeißelung der Cortikalis Schwierigkeiten.
2. Auch das retrograde Herauswandern des Pins kann durch das

Bestreben des Pins, seine Spannung zu vermindern, erklärt werden. Unterstützend wirkt die immer vorhandene geringe Pinlockerung infolge der Knochenatrophie entlang des metallischen Körpers. Das extraossär liegende Pinende liefert einen guten Angriffspunkt für die Kräfte der Extremität, die auf diese Art auch pinrücktreibend wirken können. Eine instabile Osteosynthese ist bevorzugt von dieser retrograden Pinwanderung betroffen.

Die Nachteile der dynamischen Osteosynthese werden hauptsächlich nach einer ungenügenden und fehlerhaften Technik beobachtet. Die Durchführung einer idealen Pinnung setzt Erfahrung und genaue Kenntnis der dynamischen Vorgänge beim Operateur voraus.

METALLOSE - KORROSION

(Ein spezielles Problem der dynamischen Osteosynthese?)

Die Wechselwirkungen zwischen Gewebe und Allentese-Korrosion des Metalls und Metallose (Schädigung) des Gewebes - können bei allen operativen Frakturbehandlungsmethoden beobachtet werden, sollen aber bei Verwendung des Rush-Pins eine größere Rolle spielen.

Die Korrosion besteht in einer Zersetzung der Metalloberfläche auf Grund elektro-chemischer Vorgänge und in einem Aufreißen der Kristallstruktur im Innern des Metalls (interkristalline Korrosion). Die Korrosion führt letzten Endes zum Bruch der Allentese.

Die metallotische Schädigung setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen (nach Runne u. Moritz):

1. Morphologische Schädigung (einfache Abwanderung kleinster Metallteilchen),
2. Mechanische Schädigung (Kompression des Lagergewebes),
3. Chemische Schädigung (Reaktion mit dem Gewebesaft),
4. Physikalisch-chemische Schädigung (elektrogenetischer Effekt),
5. Biologische Schädigung (Schädigung der Gewebsvitalität).

Einzelne Komponenten, z.B. die mechanische Schädigung, werden immer beobachtet (Pinlockerung infolge Druckatrophie der Knochenbälkchen entlang des Pins). Eine ausgeprägte Metallose zeigt sich in einer chronisch-destruktiven Ostitis. Röntgenologisch findet man eine breite Resorptionszone in der Umgebung der Allenthese, osteolytische Prozesse im Bereich der Fraktur und des Knochenregenerats. Histologisch findet man die Zeichen einer chronischen Entzündung mit Fremdkörpergranulomen. Metallose und Korrosion treten gesondert oder zusammen auf. In letzterem Falle bestehen zwischen ihnen wechselseitige Beziehungen, ein *circulus vitiosus*.

Ursachen der Metallose und Korrosion sind Materialfehler (heute selten geworden) und Veränderung der Kristallstruktur infolge einer "Kaltbearbeitung" der Allenthese vor, während und nach der Operation. Jedes Metall, das in den Organismus einverleibt werden muß, sollte sich zur Vermeidung von Schädigungen in einem austhenitischen Zustande befinden und in diesem verbleiben trotz der Belastungen, die die Allenthese erfährt. Austhenitisch ist ein Metall, wenn es nur aus einer bestimmten, gleichmäßig angeordneten Kristallart besteht

und folglich unmagnetisch ist. Durch Kaltbearbeitung kann der austhenitische Zustand verschwinden, so daß die Gefahr der Korrosion und Metallose entsteht. Bei der dynamischen Osteosynthese erfolgt eine Kaltbearbeitung des Pins durch die Schränkung, die elastische Biegung während des Eintreibens und durch die mechanische Überbelastung infolge Wackelbewegungen der Fragmente bei der häufig unstabilen Osteosynthese. Infolge dieser Tatsachen scheint der Rush-Pin bevorzugt gefährdet zu sein durch Korrosion und die dynamische Osteosynthese durch Metallose. Besonders gefährdet sind die Fälle mit lange dauernder Belastung des Pins auf Biegung und Scherung infolge verzögerter Heilung und nicht völlig stabiler Osteosynthese. Hier bilden verzögerte Heilung und Material- und Gewebsschädigung einen circulus vitiosus, in dessen Verlauf es zur Pseudarthrose und zum Pinbruch kommen kann. So zeigen auch die Untersuchungen, daß eine deutliche Metallose nur in Fällen mit verzögerter Frakturheilung auftritt. Bei zeitgerechter Heilung ist die Dauer der Schädigung zu kurz, so daß die Fraktur fest ist, bevor die Metallose sich auswirken kann. Nach knöcherner Heilung der Fraktur tritt ein Status quo der eventuellen Korrosion und Metallose ein, da die weitere Schädigung durch die Fragmentverschiebung wegfällt.

SPEZIELLER TEIL

Die Untersuchungen wurden durchgeführt an Hand folgender Unterlagen: Krankengeschichten mit Operationsberichten, Röntgenbilder, Ambulanzkarten mit krankengymnastischen Befunden, Fragebogen, die an diejenigen Patienten verschickt wurden,

deren gesamter Krankheitsverlauf nicht aus den klinikeigenen Unterlagen verfolgt werden konnte.

ALLGEMEINE ÜBERSICHT

Die ersten Rush-Pins wurden an der Münchner Universitätsklinik im Oktober 1958 verwandt. Insgesamt wurden 128 Fälle untersucht. Folgende Verteilung:

Tab. 1:

Unterarmpinnung	insgesamt 50 Fälle,	39,0%
Oberarmpinnung	" 47 "	36,7%
Clavikulapinnung	" 16 "	12,5%
Unterschenkelpinnung	" 12 "	9,4%
Oberschenkelpinnung	" 1 Fall	0,8%
Mittelhandpinnung	" 1 "	0,8%
Kniearthrodese	" 1 "	0,8%

Tab. 2: Jahresverteilung

	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Unterarm	3	6	8	9	14	10
Oberarm	1	3	5	5	17	16
Clavikula	-	5	5	2	1	3
Unterschenkel	-	1	2	1	2	6
Oberschenkel	-	-	-	-	-	1
Mittelhand	-	-	-	-	1	-
Kniearthrodese	-	-	-	1	-	-

Tab. 3: Indikationen zur Pinnung

	Traumat. Frakt.	Pseudarth.	Osteotomie	Path. Frakt.
Unterarm	43	6	2	-
Oberarm	43	-	-	4
Clavikula	13	2	1	-
Unterschenkel	12	-	-	-
Oberschenkel	1	-	-	-
Mittelhand	1	-	1	-
insgesamt	112	8	4	4

Am Unterarm ist 1 Fall zweimal angeführt. Eine Fraktur wurde gepinnt und heilte mit einer Deformität aus. Darauf erfolgte erneute Pinnung nach Osteotomie.

Frakturen der oberen Extremität sind eine bevorzugte Indikation für den Rush-Pin. Hier wurde im Laufe der Jahre die Indikation weiter ausgedehnt, während die Pinnung der Clavikula wieder zu Gunsten der konservativen Behandlung eingeschränkt wurde. Oberschenkelfrakturen sind mit Ausnahme der suprakondylären (Doppelpinmethode) eine Domäne des Küntschernagels. Außenknöchelfrakturen werden gepinnt, wenn sie sich konservativ nicht einstellen lassen. Tibiaschaftfrakturen werden selten gepinnt, sie werden meistens mit einem Herzognagel versorgt.

TRAUMATISCHE FRAKTUREN

Aufschlüsselung des Patientenguts

Tab. 4: Alters- und Geschlechtverteilung

	0-16		17-50		51-70		mehr als 70	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
Oberarm	2	-	8	10	4	9	2	8
Unterarm	4	-	14	5	4	11	1	4
Clavikula	-	1	7	4	1	-	-	-
U.Schenkel	-	-	4	5	-	2	-	1
O.Schenkel	-	-	-	1	-	-	-	-
insgesamt	6	1	33	25	9	22	3	13
	7		58		31		16	

Tab. 5: Nebenverletzungen

	Zahl der Fälle mit Nebenverletzungen (Frakturen Commotio)	
	absolut	in%
Oberarm	9	21,0
Unterarm	7	16,3
Clavikula	4	31,0
U.Schenkel	2	17,0
O.Schenkel	-	-
insgesamt	22	20,0

Frakturen jugendlicher Knochen, bei denen sich die Epiphy-
senfugen noch nicht geschlossen haben, werden selten gepinnt,
obwohl man zur Schonung des Wachstumsknorpels den Pin diaphysen-
wärts der Fuge einführen kann.

Die Pinnung im jugendlichen Alter ist Dank der sehr starken
Heilungstendenz, die trotz einer nicht ganz exakten und sta-
bilen Frakturstellung beobachtet wird, unnötig. Verschiebun-
gen und Achsenknickungen werden im Laufe des weiteren Wachs-

tums oft ausgeglichen, so daß spätere Fehlbelastungen der Gelenke und Arthrosen nicht zu befürchten sind.

Höheres Alter ergibt eine bevorzugte Indikation für die Pinnung. Gerade im Falle der Oberarmfrakturen kann durch die wenig belastende Pinnung alten Patienten ein langes Krankengelage und die beschwerliche, lange dauernde konservative Behandlung erspart bleiben, zumal man in diesen Fällen mit der postoperativen Ruhigstellung großzügiger verfahren wird.

Stärkere Nebenverletzungen in Form anderer Knochenbrüche und commotioneller Zustände stellen eine Indikation zur Pinnung dar. Die Pinnung von einer Fraktur kann hierbei den Zustand wesentlich bessern. In einem Falle mit einer Ober- und Unterarmfraktur, und einer komplizierten Unterschenkelfraktur wurden alle drei Frakturen gepinnt, die der oberen Extremität sofort in einer Sitzung, die Tibiafraktur nach abgeschlossener Wundheilung.

LOKALISATION UND BILD DER FRAKTUREN

Tab. 6:

1. OBERARM

	subcapit.	oberes Dritt.	mittl. Dritt.	dist. Dritt.	peri- kondylär	insg.
Trümmerfrakt.	2	-	-	2	1	5
Querfr.ohne Biegungskeil	-	-	6	-	-	6
Querfr.mit Biegungskeil	-	1	2	1	-	4
Schrägfr.ohne Biegungskeil	1	4	4	3	-	12
Schrägfr.mit Biegungskeil	-	3	-	1	-	4
Spiralfr.ohne Biegungskeil	-	3	1	3	-	7
Spiralfr.mit Biegungskeil	-	1	-	3	-	4
deform ver- heilte Frakt.	-	1	-	-	-	1
insgesamt	3	13	13	13	1	43

2. RADIUS

	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	insgesamt
Querfraktur	-	2	2	4
Schrägfraktur	-	3	2	5
Fraktur m.Bieg. bzw.Splitterung	-	1	1	2
deform verheilte Fraktur	-	1	-	1
insgesamt	-	7	5	12

3. ULNA

Querfraktur	1 (Monteggia)	=	=	1
Schrägfraktur	-	-	1	1
insgesamt	1	-	1	2

4. KOMPLETTER UNTERARM

	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	insgesamt
Querfraktur"	-	6	14	20
Schrägfraktur""	1	2	2	5
Fraktur mit Bieg.k. bzw.Splitterung	-	3	1	4
insgesamt	1	11	17	29

("In 2 Fällen verläuft nur die Radiusfraktur quer, die Ulnafraktur schräg.

"" In 2 Fällen verläuft nur die Radiusfraktur schräg, die Ulnafraktur quer.

5. TIBIASCHAFT

	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	insgesamt
Querfraktur	-	1	-	1
Schrägfraktur (Bieg.k)	1	-	1	2
Torsionsfraktur	-	1(Bieg.k)	2	3
Stückbruch	1	-	-	1
insgesamt	2	2	3	7

6. KNÖCHELFRAKTUREN

In allen 5 Fällen handelte es sich um bimalleoläre Luxationsfrakturen.

	Tibiaknöchel	Fibulaknöchel
Querfraktur in Gelenkspalthöhe	3	-
Schrägfraktur von der Gelenkspaltecke nach oben verlaufend	1	2
Zersplitterung	1	1
Schrägfraktur supramalleolär	-	2

(In 2 Fällen war zusätzlich ein Volkmann-Dreieck vorhanden)

7. OBERSCHENKEL

In dem vorliegenden Falle handelte es sich um eine suprakondyläre Schrägfraktur mit einzelnen isolierten Splintern im Frakturbereich.

8. CLAVIKULA

	mediales Drittel	mittl. Drittel	lat. Drittel	insgesamt
Querfraktur	1	6	1	8
Schrägfraktur	-	1	1	2
Splitterfraktur	-	3	-	3
insgesamt	1	10	2	13

Nach Böhler sind nur Querfrakturen als stabile Frakturen zu betrachten, die sich meistens konservativ behandeln lassen. Nur Querfrakturen der Clavikula sind instabil (Abscherung des lateralen Fragments nach caudal). Eine hauptsächliche Indikation für die Pinnung bilden instabile Frakturen in Epiphysennähe (Schräg-, Torsion-, Splitter-, Stückfrakturen und Frakturen mit Biegungskeilen). Im Bereich des Unterarms wurde eine größere Zahl von Querfrakturen gepinnt, denn komplette Unterarmfrakturen sind schwer zu reponieren und verlangen eine möglichst exakte Fragmentstellung im Gegensatz zu den Oberarmfrakturen, bei denen eine reine Verschiebung der Fragmente ohne Einfluß auf die spätere Funktion ist.

Tab. 7: Komplizierte Frakturen

	Anzahl der komplizierten Frakturen absolut	in %
Oberarm	2	4,6
Unterarm	11	25,6
Unterschenkel	1	8,3
Oberschenkel	-	-
Clavikula	-	-

Das Vorhandensein der offenen Verletzung bedeutet keine bevorzugte Indikation zur Pinnung. Entscheidend ist, ob sich die Fraktur nach der Wundversorgung konservativ behandeln läßt oder nicht.

Traumatisch bedingte Nervenschädigungen, speziell Radialisschädigungen bei Oberarmfrakturen, sind dagegen eine bevorzugte Indikation zur Pinnung, da nur nach Frakturfreilegung der tatsächliche Schaden des Nerven überblickt werden kann, und die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden können. Bei den vorliegenden Fällen wurden fünf traumatisch bedingte Radialisschädigungen beobachtet (bei 11,6% aller Oberarmfrakturen). Die Fraktur lag dabei dreimal im distalen Humerusdrittel und je einmal im mittleren und proximalen Drittel.

ZEITPUNKT DER OPERATION

Tab. 8: Operationstermin

Operations- termin post- traumatisch	A n z a h l d e r F ä l l e								
	Ober- arm	Rad.	Ulna	Unter- arm	Claviku- la	Tibia	Knöchel	Fe- mur	insg.
0-3 Tag	10	1	-	6	1	-	-	1	19
4.-6. Tag	14	2	1	4	2	3	-	-	26
7.-10. Tag	5	3	-	3	5	2	2	-	20
11.-15. Tag	6	2	1	5	1	1	2	-	18
16.-20. Tag	6	-	-	6	2	-	-	-	14
später	2	4	-	5	2	1	1	-	15

	Durchschnittlicher Operationstermin
Oberarm	10. Tag(1.-75. Tag, 43 Fälle)
Unterarm	15. Tag(0.-87. Tag, 43 Fälle)
Unterschenkel	15. Tag(4.-75. Tag, 12 Fälle)
Clavikula	13. Tag(2.-33. Tag, 13 Fälle)
Oberschenkel	2. Tag(1 Fall)

Die Pinnung ist keine dringende Operation. Sie wird durchgeführt, wenn optimale Bedingungen dafür vorhanden sind. Der Unfallschock muß überwunden sein. Der Zustand des Patienten, der durch Allgemeinkrankheiten. Blutverlust oder comotionelle Erscheinungen reduziert sein kna,, muß die Operation ohne größeres Risiko erlauben. Der günstigste Zeitpunkt ist der 3.-6. Tag nach dem Unfall, bei Fällen, bei denen konservative Behandlung unmöglich ist. Zu diesem Zeitpunkt liegen optimale Frakturverhältnisse vor. Die Organisation des Frakturhämatoms hat begonnen, so daß die Infektionsgefahr verringert wird und eine störende Callusbildung ist noch nicht vorhanden.

Opberationsverzögernd sind ein primärer konservativer Behandlungsversuch, der später aufgegeben wird und komplizierte Frakturen.

Tab. 9: Primär konservative Behandlung

	primär konservativ behandelte Fälle absolut	in %
Oberarm	7	16,3
Radius	9	75,0
Ulna	2	100,0
Kompletter Unterarm	12	41,4
Clavikula	10	77,0
Unterschenkel	12	100,0
Oberschenkel	-	-

Komplizierte Frakturen werden nach abgeschlossener Wundheilung gepinnt, im allgemeinen nicht vor dem 10. Tag. Zu diesem Zeitpunkt werden sie wie geschlossene Frakturen behandelt. Dieses Warten dient der Infektionsverhütung, denn die Besiedelung der Fraktur mit virulenten Keimen, die durch die

Pinnung im Markkanal verbreitet werden könnten, kann nicht ausgeschlossen werden.

OPERATION

Tab. 10:

1. OBERARM

	sub- capit.	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	peri- cond.	insg.
insgesamt	3	13	13	13	1	43
geschlossene Pinnung	-	-	4	-	-	4
geschlossene Pinnung mißglückt	1	1	2	-	-	4
halboffene Pinnung	-	4	-	3	-	7
offene Pinnung	3	9	9	10	1	32
Pinnung v.prox.	3	13	13	9	-	38
Pinnung v.dist.	-	-	-	3	1	4
Doppelpinnung	-	-	-	1	1	2
Drahtumschlingung	-	5	-	3	-	8
Supramid- umschlingung	2	4	2	5	-	13

2. UNTERARM

	ULNA		RADIUS		
	oberes Drittel	dist. Drittel	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel
insgesamt	1	1	-	7	5
Geschl.Pinnung	-	-	-	1	-
Offene Pinnung	1	1	-	6	5
Pinnung v.prox.	1	-	-	-	-
Pinnung v.dist.	-	1	-	7	5
Spananlagerung	-	1	-	1	1
Umschlingung	-	-	-	-	-

KOMPLETTE UNTERARMFRAKTUREN

	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	insgesamt
insgesamt	1	11	17	29
geschlossene Pinnung	-	-	5"	5
offene Pinnung	1	11	12	24
alleinige Radiuspinnung	-	1""	6""	7
Pinnung beider Knochen v.dist.	1	4	9	14
Radiuspin. v.dist. Ulnapin v.prox.	-	6	2	8
Spananlagerung	-	2	5	7
Umschlingung	-	1	1""	2

("In 1 Fall nur geschlossene Ulnapinnung von proximal,
und in 1 Fall nur geschlossene Radiuspinnung.

(" zusätzlich Kirschnerdraht in der Ulna.

("""in 1 Fall zusätzlicher Küntschernagel in der Ulna

("""Verzicht auf die Ulnapinnung.

3. UNTERSCHENKEL

TIBIASCHAFT

	oberes Drittel	mittl. Drittel	dist. Drittel	insgesamt
insgesamt	2	2	3	7
geschlossene Pinnung	1	1	2	4
offene Pinnung	1	1	1	3
Pinnung v.prox.	2	2	3	7
Doppelpinnung	2	-	-	2
Pinnung nach miß- glückter Herzog- nagelung	-	-	2	2

KNÖCHELFRAKTUREN

In allen fünf Fällen wurde nur der Außenknöchel nach Frakturfreilegung von distal her gepinnt. Die Innenknöchelfraktur wurde mittels einer Federkopfschraube fixiert. Vorhandene Volkmannsche-Dreiecke wurden durch Kirschnerdrähte fixiert.

4. CLAVIKULA

	mediales Drittel	mittl. Drittel	laterales Drittel	insgesamt
insgesamt	1	10	2	13
Offene Pinnung	1	10	2	13
Pinnung v.med.	1	10	1	12
Pinnung vom Akromion aus	-	-	1	1

5. OBERSCHENKEL

Die Fraktur im distalen Drittel wurde geschlossen von distal her in Form der Doppelpinnung versorgt.

Geschlossene Pinnung ist möglich bei Frakturen im mittleren Drittel des Oberarms, bei Unterschenkelfrakturen, und bei Frakturen im distalen Drittel des Unterarms. Infolge der längeren Fragmente, bzw. des geringen Muskelmantels, lassen sich diese Frakturen mit konservativen Mitteln unter Bildwandlerkontrolle reponieren. Die geschlossene Pinnung soll aber nie erzwungen werden; es kann dadurch ein größeres Trauma als durch die Frakturfreilegung gesetzt werden. Dank der heutigen geringen Infektionsgefahr und der schonenden Operationstechnik (z.B. halboffene Pinnung) ist die Frakturfreilegung nicht als Nachteil zu betrachten. Die eventuelle Verzögerung der Frakturheilung infolge Abfließens des Frakturhämatoms ist

sicherlich unbedeutend und wird durch die exakter mögliche Fragmentadaption ausgeglichen.

Bei Oberarmfrakturen ergeben traumatische Radialisschädigungen eine Indikation zur offenen Pinnung. Bei ausgedehnten Oberarmfrakturen (Torsionsfrakturen, Biegungskeile), die eine übermäßige Callusbildung erwarten lassen, speziell im distalen Drittel, ist die offene Pinnung empfehlenswert. Durch Isolierung des Nerven vom Frakturbereich mittels eines Muskelmantels werden sekundäre Druckschädigungen durch Callus- und Narbengewebe vermieden.

Eine wirkungsvolle Unterstützung der nur bedingt stabilen Osteosynthese durch den Rush-Pin sind Draht- und Supra-midumschlingungen bei Schrag- und Torsionsfrakturen mit und ohne Biegungskeilen im Bereich des Oberarms und Spananlage-rungen bei Unterarmfrakturen (Kieler Späne, Späne aus dem Beckenkamm). Späne werden bevorzugt an Querfrakturen angelagert, die eher zu Distraction und damit zur verzögerter Heilung und Pseudarthrosenbildung neigen.

Bedeutsam ist die Tatsache, daß die Pinnung der Ulna auch bei erwachsenen Menschen infolge der zu engen Markhöhle in der distalen Hälfte mißlingen kann. Im vorliegenden Patientengut konnte dies zweimal beobachtet werden (Ersatz der mißglückten Pinnung durch Kirschnerdrahtung bzw. transossäre Supramidnaht). Im Gegensatz dazu kann beobachtet werden, daß die Markhöhle der Ulna so weit ist, daß zur Fixierung zwei Pins von distal eingeführt werden müssen. Zwei charakteristische Komplikationen während der Pinnung werden durch die Pinmechanik ausgelöst.

1. Der Pin kann infolge seiner Schränkung und Spannung durch den Frakturspalt in die Weichteile eindringen, oder er durchbricht, weniger häufig, vor allem bei forcierten Eintreibungsversuchen, gegenüber der Einschlagstelle die Cortikalis. Ursache für diesen falschen Weg, der bei geschlossener, sowie offener Pinnung beobachtet werden kann, ist meistens eine übermäßige Spannung des Pins, bzw. eine zu geringe Schränkung. Dieser intraoperative Pinaustritt aus der Markhöhle wurde in neun Fällen beobachtet (8% aller Pinnungen). Davon erfolgte in fünf Fällen nach durchgeführter Röntgenkontrolle eine Korrektur der Pinlage in derselben Sitzung. In vier Fällen wurde der Pin trotz seiner teilweise extraossären Lage in situ gelassen, da die Fraktur ausreichend stand und genügend fixiert war. Die Pins wurden in diesen Fällen frühzeitig entfernt.

Der Röntgenkontrolle kommt bei der Erkennung dieser Pinlage die größte Bedeutung zu. Sie sollte vor Abschluß der Operation stattfinden, so daß die Möglichkeit zur Korrektur noch besteht.

2. Auch die Aussprengung eines Knochenstückes im Frakturbereich ist durch eine zu starke Pinnspannung bedingt. Die Folge ist, daß die Fraktur instabiler wird; die Osteosynthese wird beeinträchtigt, bzw. es werden weitere Manipulationen wie Draht- oder Supramidumschlingungen notwendig. Diese Knochensprengung wurde in vier Fällen beobachtet (3,6% aller Pinnungen).

Die übrigen Operationskomplikationen werden durch die Wahl eines falschen Pins und durch fehlerhafte Operationstechnik

ausgelöst, die deshalb selten auftreten. Z.B. drang bei einer Oberarmfraktur ein zu langer Pin durch das Ellbogengelenk in das Radiusköpfchen ein. Die Pinentfernung erfolgte nach zwei Monaten; eine Schädigung des Gelenks wurde nicht beobachtet (Ruhigstellung bis zur Pinentfernung). Die Wahl eines falschen Einschlagortes und Einschlagwinkels wurde zweimal beobachtet bei Oberarmfrakturen des distalen Drittels, die von distal gepinnt wurden. Die Pins wurden zu weit proximal angesetzt und ließen sich infolge der zu starken Spannungsentwicklung nicht eintreiben. Die Pinnung gelang erst, nachdem man den Einschlagort in den Bereich des Epikondylus verlegt hatte, bzw. einen dünneren Unterarmpin mit größerer Elastizität eintrieb.

DAUER DER STATIONÄREN BEHANDLUNG

Tab. 11: Stat. Behandlungsdauer (spätere stat. Behandlungen infolge Komplikationen und Pinentfernungen sind nicht berücksichtigt)

F r a k t u r l o k a l i s a t i o n

	Ober- arm	Rad.Ulna	Unter- arm	Clav.Tibia	Knöchel	Femur		
bis 10 Tage	4	4	2	4	-	-		
11-20 Tage	8	2	10	7	3	-		
21-30 Tage	7	3	8	1	-	-		
31-40 Tage	8	1	4	-	-	1		
41-50 Tage	6	-	3	-	1	1		
51-70 Tage	4	1	-	-	-	3		
länger	6	-	2	-	3	-		
durchschnittl. Behandl.dauer	40	20	22,5	29	12	57	52	73 Tage
durchschnittl. postop.stat. Behandl.dauer	34	13,5	16	21	8	40	41	71 Tage

Da die praeoperative stationäre Behandlungszeit durch konservative Behandlungsversuche und operationsaufschiebende Momente bestimmt wird, ergibt die postoperative Behandlungsdauer ein genaueres Bild des zur Pinnung notwendigen Klinikaufenthalts. Der lange stat. Aufenthalt bei Frakturen der unteren Extremität rührt daher, daß Belastung erst nach knöcherner Konsolidierung möglich ist, entsprechend der nur bedingt stabilen Osteosynthese. Die lange stat. Behandlungsdauer der Oberarmfrakturen ist bedingt durch postoperative Nervenschädigungen, die eine Nachoperation nötig machen und durch das hohe Alter (siehe Tab. 4) mit verzögerter Frakturheilung. Nach Entlassung aus stat. Behandlung bestand in den meisten Fällen über längere Zeit noch eine Minderung der Erwerbsfähigkeit. Insgesamt ist die Behandlungszeit nach der Dynamischen Osteosynthese nicht oder höchstens unbedeutend verkürzt gegenüber konservativer Behandlung. Wirtschaftliche Bedeutung kommt der Pinmethode nicht zu.

POSTOPERATIVE RUHIGSTELLUNG

Tab. 12: Dauer der postoperativen Ruhigstellung

	F r a k t u r l o k a l i s a t i o n						
	Ober- arm	Rad.	Ulna	Unter- arm	Tibia	Knöchel	Femur
bis 20 Tage	12	-	1	1	-	-	-
21-30 Tage	6	-	-	5	-	-	-
31-40 Tage	7	3	1	4	1	1	-
41-50 Tage	3	3	-	2	-	-	1
51-60 Tage	7	4	-	7	2	-	-
61-70 Tage	2	1	-	1	-	2	-
71-80 Tage	1	-	-	4	-	-	-
länger	3	-	-	2	2	2	-

Durchschnittliche Ruhigstellung

Oberarm	41,5 Tage
Radius	49,0 Tage
Ulna	29,5 Tage
Unterarm	53,0 Tage
Tibiaschaft	79,0 Tage
Knöchel	68,0 Tage
Oberschenkel	43,0 Tage

Die Ruhigstellung der oberen Extremität erfolgte in den meisten Fällen durch eine dorsale Oberarmgipsschiene. Bei Oberarmfrakturen wurde die Schiene in einigen Fällen später durch einen Thoraxabduktionsgips ersetzt. Tibiafrakturen wurden durch einen gespaltenen Unterschenkelgips, später durch einen Gehgips ruhiggestellt. Bei Clavikulafrakturen erfolgte keine postoperative Ruhigstellung.

Die Dauer der Ruhigstellung entspricht mit Ausnahme der Oberarmfrakturen, bei denen sie im allgemeinen kürzer ist, derjenigen bei konservativer Behandlung. Bei Oberarmfrakturen ermöglicht eine unterstützende Umschlingung die kürzere Ruhigstellung, die bei den vorwiegend älteren, (siehe Tab. 4) Patienten erstrebt wird.

Komplikationen, die eine übermäßig lange Ruhigstellung notwendig machen, sind in den vorliegenden Fällen verzögerte Callusbildung (siehe Seite 35), falsche Pinlage (intraartikuläre und extraossäre Lage mit einer Ruhigstellung bis zur Pinentfernung), deutliches Abrutschen der Fraktur, sehr schwer zu fixierende Frakturen (z.B. Stückbruch der Tibia).

Tab. 13: Einfluß der Umschlingung auf die postoperative
Ruhigstellung bei Oberarmfrakturen

Durchschnittliche Ruhigstellung	
a) <u>ohne Umschlingung</u>	
alle Fälle gezählt	43 Tage (5-112 Tage)
ohne Fälle mit ver- zögerter Callusbild.	32 Tage (5-59 Tage)
b) <u>mit Umschlingung</u>	
alle Fälle gezählt	37 Tage (11-160 Tage)
ohne Fälle mit ver- zögerter Callusbild.	25,5 Tage (11-56 Tage)

Maßgebend hierfür ist weniger die mechanische Fixierung der Fraktur durch die Umschlingung, sondern die früher einsetzende Callusbildung und Konsolidierung infolge der exakteren Adaption, die durch die Umschlingung erzielt werden kann.

Als Maßstab für die Dauer der postoperativen Ruhigstellung dient auch bei der Dynamischen Osteosynthese das Ausmaß der Callusentwicklung. Erst nach deutlicher röntgenmanifester Callusentwicklung darf im allgemeinen der Gipsverband entfernt werden, denn der Rush-pin fixiert die Fraktur nur ungenügend (Ausnahme: Doppelpinmethode).

POSTOPERATIVES ANATOMISCHES ERGEBNIS

Es werden hier auch geringe Achsenknickungen und Verschiebungen dargestellt, da sie typisch für die Dynamische Osteosynthese sind (siehe Seite 6). In den meisten Fällen sind diese Abweichungen ohne Einfluß auf das funktionelle Ergebnis, lassen aber die bevorzugten Richtungen der pinbedingten Abweichungen erkennen. Cum grano salis ist das anatomische Ergebnis der Dynamischen Osteosynthese als gut zu bezeichnen (Hauptziel der Pinnung).

Tab. 14: Abweichungen von der anatomischen Stellung
(Anzahl der untersuchten Fälle und Richtung der
Abweichungen des jeweils distalen Fragments)

1. OBERARM

a) Pinnung von proximal

	Anzahl d. unters. Fälle	Knickung nach				Verschiebung nach			
		med.	lat.	dor.	vol.	med.	lat.	dor.	vol.
subcapital	2	1	-	1	1	-	-	-	1
oberes Drittel	6	1	1	1	2	2	-	-	1
mittl.Drittel	8	1	-	2	-	3	1	1	4
dist. Drittel	2	-	-	2	-	-	-	-	1
insgesamt	18	3	1	6	3	5	1	1	7

b) Pinnung von distal

dist.Drittel	4	2	1	1	-	1	2	1	1
perikondylär	1	(minimale Stufenbildung d. Gelenkfläche)							

2. RADIUS

Pinnung von distal

	Anzahl d. unters. Fälle	Knickung nach				Verschiebung nach			
		uln.	rad.	dor.	vol.	uln.	rad.	dor.	vol.
oberes Drit- tel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mittl.Drittel	5	-	1	-	-	1	3	-	1
dist.Drittel	5	-	1	-	-	-	5	-	1
insgesamt	10	-	2	-	-	1	8	-	1

3. ULNA

In beiden Fällen exakte Frakturstellung

4. KOMPLETTER UNTERARM

a) Radius (Pinnung von distal)

	Anzahl d. unters. Fälle	Knickung nach uln.rad.dor.vol.				Verschiebung nach uln.rad.dor.vol.			
oberes Drittel	1	-	-	-	-	-	-	-	-
mittl.Drittel	4	-	-	-	-	1	1	-	1
dist. Drittel	14	9	-	1	1	-	11	1	1
insgesamt	19	9	-	1	1	1	12	1	2

b) Ulna (Pinnung von distal)

oberes Drittel	1	1	-	-	-	-	-	-	-
mittl. Drittel	3	2	-	-	-	-	1	-	-
dist. Drittel	8	2	2	1	-	4	2	-	1
insgesamt	12	5	2	1	-	4	3	-	1

von proximal gepinnt

oberes Drittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mittl. Drittel	1	-	-	-	-	-	1	1	-
dist. Drittel	2	-	-	1"	-	-	-	1	1"
insgesamt	3	-	-	1	-	-	1	2	1

nicht gepinnt

dist. Drittel	4	1	-	-	-	1	-	-	-
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

("Diese Abweichung ist bedingt durch die extraossäre Lage des Pins, der am Frakturspalt die Markhöhle verlassen hat und dorsal des dist. Fragments liegt.

5. CLAVIKULA

In drei Fällen sind Abweichungen vorhanden, die aber uncharakteristisch und nicht durch die Pinmechanik bedingt sind.

6. TIBIASCHAFT

	Anzahl d. unters. Fälle	Knickung nach med. lat. dor. vent.				Verschiebung nach med. lat. dor. vent.			
oberes Drittel	2	-	-	-	2	-	-	2	-
mittl. Drittel	1	-	-	-	-	-	1	1	-
dist. Drittel	2	-	1	-	1	-	1	1	-
insgesamt	5	-	1	-	3	-	2	4	-

7. KNÖCHEL

In zwei Fällen sind geringe Abweichungen des Fibulaknöchels vorhanden (Ventralknickung der dist. Fibula in Richtung der Pinbiegung)

8. OBERSCHENKEL

In dem einen Fall besteht eine Verschiebung des dist. Fragments um 1/2 cm nach medial und um 1 cm nach ventral.

Die Abweichung in die bevorzugten Richtungen wird durch eine zu starke Pinspannung ausgelöst. Andere Ursachen mit geringerer Bedeutung sind eine un stabile Osteosynthese mit un charakteristischen Abweichungen, eine Fragmentauffädung auf einem stark geschränkten Pin (Achsenknickung entsprechend der Pinbiegung) und die nicht exakt mögliche Adaption bei geschlossener Pinnung mit un charakteristischen Abweichungen.

Der Oberarm pin, am tuberculum maius oder epicondylus lat. eingetrieben, zeigt infolge seiner elastischen Spannung eine Konvexität, die direkt nach medial oder nach medialvolar bzw. medial-dorsal gerichtet ist. Demnach besteht die pinbedingte Abweichung infolge der zu starken Spannung in einer Knickung oder Verschiebung des distalen Fragments nach medial oder nach medial-volar bzw. nach medial-dorsal. Durch diese Bewegung

wird die übermäßige Spannung des Pins gemildert.

Am Unterarm werden die pinbedingten Abweichungen durch die straffe Verbindung von Radius und Ulna am prox. und dist. Ende beeinflusst. Verschiebungen allein sind sehr selten; diese sind fast regelmäßig mit leichten Achsenknickungen verbunden.

Der Spannungsausgleich des zu stark gespannten Radiuspins (Konvexität nach ulnar) verursacht eine Ulnarabknickung und Radialverschiebung des dist. Fragments infolge des übermäßigen Pindrucks im prox. Fragment nach ulnar. Entsprechend erzeugt der von distal eingeführte Ulnapin eine Radialknickung und Ulnarverschiebung des dist. Fragments. Allerdings neigt die Ulna weniger zu diesen Abweichungen, da in dem gleichmäßigen Marklumen der Ulna ohne die dist. Auftreibung, wie sie am Radius besteht, der Pin selten die starke, Abweichungen verursachende Spannung erlangt. Dagegen spielt an der Ulna die Abweichung infolge eines Auffädelungsmechanismus auf dem übermäßig geschränkten Pin eine größere Rolle. Sie besteht in einer Ulnarabknickung des dist. Fragments entsprechend der Pinschränkung.

Am Schlüsselbein werden die typischen pinbedingten Abweichungen nicht beobachtet. Infolge des gleichmäßigen Marklumens ohne endständige Auftreibungen und der günstigen Wahl des Einschlagloches, das durch retrograde Bohrung vom Frakturspalt aus gefunden wird, liegt der Pin in den meisten Fällen spannungsfrei in der vorgebohrten Clavikula, so daß hier das Nagelungsprinzip von Küntscher vorliegt. Dank der engen Markhöhle kann die Osteosynthese trotzdem hinreichend stabil

sein.

Die Abweichungen der Fibriaschaftfrakturen sind neben der Pindynamik durch die größtenteils geschlossen durchgeführte Innung bedingt.

Eine zusätzliche Umschlingung, wie sie bei Oberarmfrakturen erfolgt, verbessert das anatomische Ergebnis. Die pin-bedingten Abweichungen sind bei Frakturen in Epiphysennähe (spezielle am Unterarm) häufiger. In dem kurzen Fragment, von dem aus der Pin eingetrieben wird, wird der Eindruck nur ungenügend abgefangen; dieser wirkt sich in voller Stärke im anderen Fragment aus und löst in vermehrtem Maße Abweichungen aus.

Tab. 15: Prozentsätze

	Anzahl d. untersuchten Fälle	Anzahl d. Abweichungen insgesamt	Anzahl d. schlechten anat.Ergebnisse
insgesamt	111(100%)	64(57,6%)	10(9%)
Oberarm	43(100%)	23(53,5%)	4(9,3%)
Unterarm	42(100%)	29(69%)	5(11,9)
Clavikula	13(100%)	3(23,1%)	1(7,7%)
Unterschenkel	12(100%)	8(66,7%)	-
Oberschenkel	1	1	

Das schlechte anatomische Ergebnis besteht am Oberarm in Verschiebung um mindestens $\frac{1}{3}$ Knochenbreite und deutlichen Achsenknickungen, am Unterarm in Verschiebungen um mindesten $\frac{1}{2}$ Knochenbreite und Achsenknickungen. Auch diese Abweichungen sind pinbedingt; meistens ist aber eine fehlerhafte Operationstechnik, z.B. völlig unterlassene Schränkung, offenkundig. (Die Pins sind nach eingetretener Abweichung völlig gerade).

Wenn die häufigen geringen Abweichungen das funktionelle Ergebnis auch nicht beeinträchtigen, so können sie doch die Ursache späterer arthrotischer Veränderungen sein.

CALLUSENTWICKLUNG - POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN

Von verzögerter Callusbildung wird gesprochen, wenn nach einem Monat noch kein röntgenmanifester Callus zu erkennen ist.

Tab. 16: Callusbildung - Pseudarthrosenentstehung

	Anzahl d. untersuchten Fälle	Normale Callusent- wicklung	Verzögerte Callusent- wicklung	Bildung einer Pseud- arthrose
Oberarm	43(100%)	29(67,4%)	13(30,2%)	1(2,3%)
Radius	10 "	8(80%)	2(20%)	-
Ulna	2 "	2(100%)	-	-
Unterarm	25 "	18(72%)	5(20%)	2(Ulna)(8%)
Clavikula	13 "	11(84,6%)	2(15,4%)	-
Tibia	7 "	5(71,4%)	2(28,6%)	-
Knöchel	5 "	4(80%)	1(20%)	-
Oberschenkel	1 "	1(100%)	-	-
insgesamt	106(100%)	78(73,6%)	25(23,6%)	3(2,8%)

Nach zwei Monaten war die verzögerte Callusbildung in sämtlichen Fällen in Gang kommen. Am Oberarm lagen die Frakturen mit verzögerter Callusbildung größtenteils im mittleren Drittel, entsprechend der geringeren Heilungstendenz im Diaphysenbereich infolge der schlechteren Vaskularisierung.

Bei zwei Clavikulafrakturen war der direkte Einfluß des Pins auf die verzögerte Heilung offensichtlich. In einem Fall davon rutschte die Fraktur infolge einer retrograden Pinwanderung ab; die Osteosynthese war unstabil. Im anderen Falle wurde die Callusbildung durch eine metallotische Gewebsschädi-

gung verzögert.

Ein indirekter Einfluß der Dynamischen Osteosynthese auf die verzögerte Heilung kann aber bei allen Fällen auf Grund der nur bedingt stabilen Osteosynthese angenommen werden. Bei einem Viertel aller untersuchten traumatischen Frakturen wurden postoperative röntgenmanifeste Änderungen der Frakturstellung festgestellt. Dabei ist der Prozentsatz der postoperativen Änderungen, die durchwegs im ersten Monat auftreten, bei den Frakturen mit primären pinbedingten Stellungsabweichungen doppelt so hoch als bei den Frakturen mit primär exakter Stellung.

Infolge dieser deutlichen Stellungsänderungen und nicht erkennbarer, aber sicher vorkommender Mikrobewegungen der Fragmente entsteht eine andauernde Traumatisierung des frisch entstandenen Callus, wodurch die Heilung verzögert wird.

Andererseits besteht auch die Möglichkeit, eine postoperative Stellungsänderung mit konservativen Mitteln absichtlich herzu führen, zum Zwecke einer Stellungsverbesserung.

In einem Falle entstand aus einer Querfraktur im mittleren Oberarmdrittel eine Pseudarthrose. Diese Fraktur wurde nach einem einmonatlichen konservativen Behandlungsversuch mit einem Rush-Pin versorgt und infolge der schon bestehenden stärkeren Bewegungseinschränkung wurde von einer längeren postoperativen Ruhigstellung abgesehen (nur während der ersten fünf Tage). Die Osteosynthese war offensichtlich instabil; es entstand eine sehr starke Diastase der Fragmente und eine Heilung blieb aus. Nach acht Monaten wurde nach Aufsplitterung der Pseudarthrose eine Spananlagerung durch-

geführt. Nach zwei Jahren mußte der Pin infolge seines Bruchs im Pseudarthrosenbereich entfernt werden und es wurde eine Spanverriegelung nach Lexer vorgenommen. Nach drei Jahren mußte die Behandlung wegen Aussichtslosigkeit abgesetzt werden.

Zwei Ulnapseudarthrosen entstanden aus kompletten Unterarmfrakturen im distalen Drittel, waren aber bedeutungslos für das funktionelle Ergebnis. Von einer weiteren Behandlung wurde deshalb in beiden Fällen abgesehen. Eine der wichtigsten postoperativen Komplikationen bei allen Knochenoperationen ist die postoperative Infektion. Dank der in jedem Falle durchgeführten Prophylaxe mit Antibiotika während der ersten postoperativen Tage und der Vorsicht bei der Pinnung komplizierter Frakturen spielte beim untersuchten Krankengut die Infektion eine geringe Rolle. Nur in einem Falle wurde eine wenig stürmisch verlaufende Infektion beobachtet, die allein durch Antibiotika und Ruhigstellung beherrscht werden konnte. (Oberarmfraktur, gepinnt nach offener Methode mit Spananlagerung; zwei Monate postoperativ machte sich beim Beginn stärkerer Bewegungsübungen die Infektion bemerkbar). Eine metallotische Schädigung wurde bei den traumatischen Frakturen zweimal beobachtet (1,8%), bei einer Unterarm- und einer Schlüsselbeinfraktur. In beiden Fällen bestand eine verzögerte Callusbildung; die Frakturen wurden aber fest, ohne daß die Pins vorzeitig entfernt werden mußten.

PINENTFERNUNG

Tab. 17: Durchschnittliche Pinentfernung

Oberarm	nach	9 Monaten	(2-23 Monate)
Radius	nach	18,3 Monaten	(7-34 Monate)
Ulna	nach	10 Monaten	(9-11 Monate)
Unterarm	nach	11,4 Monaten	(5-27 Monate)
Clavikula	nach	6,5 Monaten	(1,5-18 Monate)
Tibiaschaft	nach	19 Monaten	(6,5 Monate-3,5 Jahre)
Knöchel	nach	2 Monaten	

Nach knöcherner Heilung können die Pins im allgemeinen in situ verbleiben, ohne nachteilige Folgen mit sich zu bringen; denn ist die Fraktur einmal fest, sind metallotische Schädigungen, Pinlockerung und retrograde Wanderung nicht mehr zu erwarten. Funktionelle Störungen werden durch den Pin nicht verursacht.

Grundsätzlich wird der Pin aber nach Festwerden der Fraktur, durchschnittlich nach einem dreiviertel Jahr entfernt. Extraossäre, bzw. intraartikuläre Pinlage, retrograde Wanderung, stärkere metallotische Schädigung und Bruch des Pins sind eine Indikation für eine frühzeitigere Entfernung. Bei extraossärer, bzw. intraartikulärer Lage muß der Pin nach Beendigung der postoperativen Ruhigstellung, die in diesen Fällen verlängert werden kann, entfernt werden, um größere Schäden zu vermeiden. (Dieses Ereignis wurde bei den traumatischen Frakturen viermal beobachtet).

FUNKTIONELLES ERGEBNIS

Untersucht wurde das funktionelle Ergebnis nach vollständig abgeschlossener Behandlung, einschließlich der kranken-

gymnastischen Nachbehandlung, die mit wenigen Ausnahmen in allen Fällen durchgeführt wurde.

Tab. 18: Funktionelles Ergebnis

	Zahl der untersuchten Fälle	Freie Beweglichkeit	noch bestehende Einschränkungen
Oberarm	33(100%)	22(66,6%)	11(33,4%)
Radius	10 "	5(50%)	5(50%)
Ulna	2 "	1(50%)	1(50%)
Unterarm	22 "	12(54,5%)	10(45,5%)
Clavikula	13 "	13(100%)	-
Tibiaschaft	3 "	2	1
Knöchel	2 "	1	1
Oberschenkel	1(funktionelles Ergebnis ist hinfällig infolge Polio-Lähmung)		

In vielen Fällen waren die noch bestehenden Einschränkungen gering und ließen durch Gewöhnung und weiteres Training eine Besserung erwarten.

Tab. 19: Ausmaß der Einschränkungen

	Zahl der Fälle mit Einschränkungen	Einschränkungen um weniger als 1/3 mehr als 1/3	
<u>a) OBERARM</u>	11		
Ellbogen		3	5
Schulter		3	5
<u>b) RADIUS</u>	5		
Ellbogen		4	-
Umwendbewegungen		3	2
Handgelenk		3	-
<u>c) ULNA</u>	1		
Handgelenk		1	-

	Zahl der Fälle mit Einschränkungen	Einschränkungen um	
		weniger als 1/3	mehr als 1/3
d) <u>UNTERARM</u>	10		
Ellbogen		3	-
H.Gelenk/D.Flexion		4	3
H.Gelenk/V.Flexion		3	3
Supination		6	2
Pronation		4	1

(Nervale Beteiligung der Bewegungseinschränkung bei den Oberarmfrakturen wurde nicht berücksichtigt).

Insgesamt ist das funktionelle Ergebnis befriedigend; es steht anderen Behandlungsverfahren nicht nach.

OSTEOTOMIEN

Osteotomien, absichtlich gesetzte Frakturen, unterscheiden sich von den traumatisch bedingten durch ihre im allgemeinen schlechtere Heilungstendenz. Infolge der glatten Frakturrränder, dem Fehlen von Gewebstrümmern und der Hitzeeinwirkung beim Durchtrennen des Knochens ist der Reiz zur Callusbildung, die entzündlichen Vorgängen gleichzusetzen ist, geringer.

Infolge dieser Gegebenheiten wirkt sich die oft nur bedingt stabile Osteosynthese durch den Rush-Pin besonders nachteilig aus. Bei der Pinnung von Osteotomien ist auf eine exakte Lage des Pins und eine ausreichende postoperative Ruhigstellung zu achten. Unterstützende Maßnahmen, Spananlagerungen und Umschlingungen sind zu empfehlen.

Von vier, mit einem Rush-Pin versorgten Osteotomien zeigten drei, ausgeführt zur Korrektur einer deform verheilten Fraktur, einen normalen Verlauf (zwei Osteotomien im Bereich des

dist. Unterarmdrittels, eine im Bereich der Mittelhand). Die vierte Osteotomie wurde im Bereich der Clavikula zur Freilegung und Ausräumung eines Hämangioms im Gebiet der Arteria subclavia durchgeführt. Die Pinnung erfolgte von medial; die Callusbildung verlief verzögert; wahrscheinlich war die Osteosynthese instabil (postoperative Kontrollen, die darüber etwas Sicheres aussagen könnten, wurden nicht angefertigt). 35 Tage postoperativ erfolgte während der Nacht eine Fraktur des Pins (insgesamt wurden bei 128 Pinnungen Zwei Pinbrüche beobachtet). Die noch nicht geheilte Osteotomie wurde durch einen dickeren Pin wieder geschient, der nach vier Wochen wegen einer metallotischen Schädigung entfernt werden mußte (klinisch: schmerzhaftige Bewegungseinschränkung, röntgenologisch: Osteolyse entlang des Pins, ostitische Prozesse im Bereich der Osteotomie, Exostose an der PINEINSCHLAGSTELLE). Die entstandene Pseudarthrose wurde nach der Pinentfernung durch Spananlagerung und Ruhigstellung durch Gipsdesault behandelt.

PSEUDARTHROSEN

Entsprechend der schlechten Heilungstendenz einer voll ausgebildeten Pseudarthrose sind auch hier die Mängel des Pins von größerer Bedeutung.

Tab. 20:

	Lage der Pseudarthrose			Clavi- kula	insg.
	Ulna	Radius	kompletter Unterarm		
Zahl der untersuchten Fälle	3	2	1	2	8
offene Pinnung	3	2	1	2	8
Spananlagerung	2	2	1	-	5
knöcherne Heilung	2	-	1	-	3
notwendige vorzeitige Pinentfernung	1	1	-	2	4

Die Ergebnisse bei der Pinnung von Pseudarthrosen sind schlecht. Die Gründe für die vorzeitige (innerhalb drei Monaten), vor knöcherner Festigung der Pseudarthrose notwendige Pinrentfernung waren:

1. retrograde Pinwanderung in zwei Fällen (von prox. eingeführter Ulnapin bei einer Ulnapseudarthrose im prox. Drittel bei zusätzlicher Cortikalisperforation im dist. Drittel, nach zwei Monaten entfernt; von lateral eingeführter Clavikulapin, nach einem Monat entfernt)
2. Metallotische Schädigung (an der Clavikula, nach drei Monaten Entfernung)
3. Intraartikuläre Pinlage (ein von distal eingeführter Radiuspin bei einer Pseudarthrose im distalen Drittel drang das Ellbogengelenk ins capitulum humeri ein, Entfernung nach zwei Monaten).

Bei beiden untersuchten Radiuspseudarthrosen entstand als weitere Komplikation eine Ulnapseudarthrose im Anschluß an eine infolge Ulnavorschubs durchgeführte Ulnaosteotomie. Eine Osteosynthese oder Spananlagerung an die osteotomierte Ulna wurde in beiden Fällen unterlassen.

Bei Pseudarthrosen sind andere Behandlungsmethoden der Pinnung vorzuziehen. Die abgerundeten Fragmentenden machen jegliche Verzahnung unmöglich, die aber ein wichtiger Faktor bei der Frakturfixation durch den Rush-Pin darstellt. Die Osteosynthese ist deshalb hier in einem größeren Prozentsatz instabil, so daß die an sich schon schlechte Heilung der Pseudarthrose ausbleibt. Die Küntschernagelung, die bei idealer Nagelung Bewegungen der Fragmente absolut ausschließt,

ist bei Pseudarthrosen wertvoller.

Ein beobachteter Fall kann das bekräftigen. Eine Ulnarpseudarthrose im prox. Drittel wurde nach einer, infolge zu engen Lumens nicht durchführbaren Küntschernagelung durch einen sehr dicken, aber kurzen Pin (Querschnittsdurchmesser 5 mm) versorgt, der genau nach dem Nagelungsprinzip von Küntscher verwandt wurde. Die Pseudarthrose wurde ohne Komplikationen bei nur kurzer postoperativer Ruhigstellung (zwanzig Tage) knöchern fest. Die großzügige Anwendung des Pins als Nagel kann aber nicht propagiert werden, da infolge des drehrunden Querschnitts die retrograde Rückwanderung sehr begünstigt wird, wie an der sehr hohen Rückwanderungsquote der Clavikulapins, die in den meisten Fällen spannungsfrei in der Markhöhle liegen, gesehen werden kann.

GELENKARTHRODESE

Als seltene Indikation wurde in einem Falle eine Kniegelenkarthrodese mit dem Rush-Pin durchgeführt, die notwendig wurde zur totalen Entfernung eines braunen Tumors im Bereich der Femurkondylen. Nach Auffüllung des Defektes durch autoplastischen Knochen und Knorpelresektion wurde ein dicker kurzer Pin an der Ventralfläche des Femurs etwa 12 cm oberhalb des Gelenkspalts eingeführt, der 12 cm in die Tibia reichte. (im allgemeinen werden längere Pins benutzt). Das Gelenk wurde versteift; allerdings trat ein Monat postoperativ eine Verschiebung der Tibia um $\frac{1}{3}$ Knochenbreite nach dorsal ein, wodurch eine deutliche Einknickung des Gelenks entstand. (Ruhigstellung während 148 Tagen durch einen Beckenbeinbipsverband).

PATHOLOGISCHE FRAKTUREN

Die verhältnismäßig häufig vorkommenden pathologischen Frakturen im Bereich des Oberarms sind gut geeignet für die Pinnung. Durch einen sehr kleinen Eingriff wird die Fraktur, wenn sie auch nicht in allen Fällen wieder knöchern konsolidiert wird, hinreichend stabilisiert, so daß das Los der Patienten wesentlich erleichtert wird.

Vier pathologische Frakturen im oberen und mittleren Drittel des Oberarm folgender Ursachen, wurden untersucht.

Metastase eines Mamma-Ca	in zwei Fällen
Metastase eines unbekannten neurologischen Tumors	in einem Fall
Osteopathia fibrosa	in einem Fall

Die übliche Pinnungsart ist die geschlossene Methode unter Bidwandlerkontrolle (wurde in drei Fällen durchgeführt.) Infolge der Knochenveränderungen, die auch die Ursache der Fraktur sind, spielt bei der Pinnung die Aussprengung eines Knochenstücks eine größere Rolle. In einem Fall brach bei einer versuchten Pinnung von proximal die ganze vordere Kompakta des Humerus vom Einschlagloch bis zur Fraktur heraus. Die Pinnung von proximal wurde dadurch unmöglich gemacht, so daß die subcapitale Fraktur von distal gepinnt werden mußte. Infolge des geringen Operationstraumas wird die Pinnung im allgemeinen auch von den schwerkranken Patienten gut vertragen. Nur in einem Falle erfolgte ein Monat postoperativ der Exitus (Herz- und Kreislaufversagen bei Tumorkachexie und hypostatischer Pneumonie im Alter von 64 Jahren).

In zwei Fällen wurde die Fraktur wieder knöchern fest

(Osteopathia fibrosa, neurologischer Tumor) und das funktionelle Ergebnis war gut mit nur einer geringen Bewegungseinschränkung im Schultergelenk.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Gegensatz zur Küntschernagelung, die ein statisches Problem darstellt, beruht die dynamische Osteosynthese nach Rush auf der elastischen Verspannung des Pins in der Markhöhle, der Dank seiner besonderen Materialeigenschaften dazu geeignet ist. Die Frakturfixation wird erreicht durch den umschriebenen Pindruck auf die Cortikalis in beiden Fragmenten (Dreipunktedruck nach Rush), der durch Schränkung, Wahl des Pins hinsichtlich Länge und Durchmessers, Wahl des Einschlagortes und Einschlagwinkels richtig dosiert werden kann.

Vorteile der Pinnung sind universelle Anwendbarkeit auf alle Regionen aller Röhrenknochen (Möglichkeit der Pinnung gelenknaher Frakturen), große Variationsmöglichkeit der Anwendung (z.B. Einfachpinnung - Doppelpinnung), einfache Operationstechnik, geringes Operationstrauma.

Die Nachteile sind im wesentlichen bedingt durch das problematische Grundprinzip des Pins. Sie bestehen in der häufig unstabilen Osteosynthese infolge eines ungenügenden oder falsch lokalisierten Pindrucks, die als Ursache verzögerter Callusbildung und Pseudarthrosenbildung in Erscheinung treten kann und der Neigung des Pins, in vielen Fällen infolge seiner Dynamik eine nicht exakte Frakturstellung zu erzeugen, wobei die Abweichungen eine charakteristische Richtung haben.

Metallose und Korrosion scheinen infolge der vielfältigen

Möglichkeiten der Kaltbearbeitung des Pins (Schränkung, elastische Verspannung, unästhetische Osteosynthese) bei der dynamischen Osteosynthese häufiger zu sein.

Bei sorgfältiger Verwendung und Beachtung der Pindynamik sind die Ergebnisse zufriedenstellend bei traumatischen Frakturen. Längere postoperative Ruhigstellung ist nötig; die Gesamtbehandlungszeit ist gegenüber konservativer Behandlung nicht verkürzt. Bei Pseudarthrose und Osteotomien machen sich die Nachteile des Pins stärker bemerkbar. Andere Behandlungsverfahren sind hier der Pinnung vorzuziehen.

LITERATUR

1. Rush, L. Atlas der intramedullären Markfixation. Deutsch von H. Gelbke. Evolution of medullary fixation of fractures by the longitudinal pin. Amer.J.Surg. 78 (1949) 324-333
Dynamik faktors in medullary-pinning of fractures.
Amer.Surgeon 17 (1951) 803-808
A.technik for longitudinal pin fixation for certain fractures of the Ulna and of the Femur.
J.Bone Surg. 21 (1939) 619-626
Intramedullary fixation of fractures of the Humerus by the longitudinal pin. Surgery (St.Louis) 27 (1950) 268-275.
2. Gelbke, H. Inwiefern ist die intramedulläre Frakturfixation nach Rush etwas Neuwertige und Wertvolles in der Unfallheilkunde. Unfallheilkunde 55 (1956) 237-243.
Intramedulläre Frakturfixation nach Rush. Chir. Praxis, 2 (1958) 43
3. Müller, H. Beitrag zur Behandlung der Humerusschaftfraktur mit dem Rushnagel. Bruns Beitr.klin.Chir. 204 (1962) 225-232.
4. Mauralt, J.
Köbler, H. u.a. Kritische Betrachtungen zur Osteosynthese mit dem Rush-Pin bei Schaftfrakturen. Arch.orthop.Unfallchir. 54 (1962) 347-356.
5. Spängler, H. Behandlung von Oberarmbrüchen mit Rushnägeln. Arch.orthop.Unfallchir. 54 (1962) 417-424.
6. Schmid, R. Über die Osteosynthese mit dem Rush-Pin. Akta chir.helv. 25 (1958) 350-352.
7. Hackenthal, K.H. Küntscher- oder Rushnagelung. Langenbeck Arch. 287 (1957) 703-709

8. Koslowsky, L. Frakturbehandlung mit dem Rush-Federstab. Möglichkeiten und Grenzen.
Chirurg 29 (1958) 108-115.
Der Rush-Federstab. Dtsch.med.Wschr. 83 (1958) 813-814
9. Koslowsky, L. Tücken der Marknagelung.
Weller, S. Chirurg 33 (1962) 460-463
10. Fuchs, G. Erfahrungen bei der Behandlung gelenknaher Frakturen mit dem Rush-Pin.
Chirurg 32 (1961) 475-479
11. Fuchs, G. Zur dynamischen Osteosynthese unstabiler Vorderarmfrakturen.
Nikfretrat, A. Chirurg 34 (1963) 25-27
12. Fuchs, G. Indikation zur konservativen Behandlung des Innenknöchelbruches und der operativen Versorgung mit dem Rush-Pin.
Kämmerer, H. Chirurg 31 (1960) 264-256
13. Schmidt, E. Die Rush-Pinnung, eine wertvolle Ergänzung der intramedullären Frakturfixation.
Beitr. Orthop. 7 (1960) 335-340
Erfahrungen mit der Rush-Nagelung bei gelenknahen Frakturen.
Zentralbl.Chir. 84 (1959) 1439-1440
14. Herzog, K. Küntschernagel und Rush-Pin.
Zentralbl. Chir.85 (1960) 1563-1564
Zum Begriff der stabilen Osteosynthese.
Archiv orthop. Unfallchir. 55 (1963) 63-81
15. Weiß, J.W. Die Versorgung kniegelenknaher Frakturen mittels Rush-Pin.
Verh.orthop.Gesellsch. 49 (1961) 95-98
16. Töpfer, H. Die intramedulläre Frakturschienung nach Rush. Ergebnisse und Erfahrungen auf Grund der ersten 200 Behandlungsfälle der Chir.Universitätsklinik zu Göttingen.
Inaug.Diss., Göttingen 1959, U.59.2745
17. Peitsch, H. Erfahrungen mit der Intramedullären Frakturfixation nach Rush.
Mschr.Unfallhk.62 (1959) 368-376

18. Sander, E. Erfanrungen mit dem Rush-Nagel.
Beitr.Orthop. 8 (1961) 85-96
19. Rastima, R.O.
Korttila, K. Rush-pin vid distala humerusfracturer,
Nordisk Med.63 (1960) 653-655
20. Schütze, C. Beitrag zu Osteosynthesen mit Metall-
fremdkörper.
Zbl.Chir. 86 (1961) 1851-1859
21. Pirner, F. Über die Vorteile einer Osteosynthese
mittels Rush-Pin.
Fschr.Med. 81 (1963) 61-64
22. Edward, P. Experiences of a seria of 116 cases.
Internal fracture fixation with the
Rush-pin.
Akt.chir.Scand (Schweden) 117 (1959)
480-493
23. Ahlgren S.-A. Internal fixation with Rush's pin
for shaft fractures of the forearm.
Act.chir.Scand. (Schwed) 125 (1963)
301-307
24. Küntscher, G. Die Marknagelung.
Berlin 1950, Verlag Dr.Werner Saenger
Die Marknagelung gelenknaher Brüche.
Mschr.Unfallbk. 58 (1955) 12-18
Marknagelung oder Pinnung.
Chir.Praxis 4 (1958) 433-446
25. Runne, H.J.
Moritz, H. Metallosen nach Osteosynthesen.
Zbl.Chir. 86 (1961) 2341-2349
26. Schink, W. Welche Stähle sind für med. Zwecke
geeignet.
Chir.Praxis 6 (1962) 59-62
Indikation zur operativen Knochen-
bruchbehandlung.
Chir.Praxis 6 (1962) 359-367
27. Frank, Knochen- und Gewebsschäden, hervor-
gerufen durch magnetisches Metall.
Chir.Prax. 6 (1962) 63-66
28. Maatz, R. Die Küntschernagelung der Unterarm-
fraktur.
Chirurg 15 (1943) 278-280

29. Seiffert, K.E. Zur operativen Behandlung der Unter-
armschaftbrüche.
Bruns Beitr.klin.Chir. 204 (1962)
211-224
30. Bürkle de la Camp, H. Fehler und Gefahren bei der opera-
tiven Behandlung frischer Frakturen.
Langenbeck Arch. 298 (1961) 87-101

L E B E N S L A U F

Geboren wurde ich, Max Bernhard, am 21.11.1941 in Ulm/Donau als Sohn des Dr.phil. Max Bernhard, jetzt Oberstudiendirektor in Rottenburg a.N. und seiner Ehefrau Elfriede, geb. Weinmann. Ich besuchte das Progymnasium in Bad Waldsee und des Neue Gymnasium in Ravensburg, an dem ich im Frühjahr 1960 das Abitur ablegte. Die Zeit meines vorklinischen Studiums verbrachte ich in Tübingen. Die klinischen Semester hörte ich in München, wo ich im Herbst 1965 das medizinische Staatsexamen ablegte.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr.Dr. Sebestin Kernbeum (Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg) meinen Dank aussprechen. Ebenso danke ich Herrn Oberarzt Dr. Th. Pohlmeier für seine Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit.

